

## Los procesos erosivos de las playas en la nueva Ley de Costas de 2013: Ejemplos en sectores del litoral andaluz.

### *Beach erosion processes in the new Spanish Coastal Law (2013): Examples in Andalusian Coastal Areas.*

J. Ojeda<sup>1</sup>, A. Prieto<sup>2</sup>, P. Díaz<sup>3</sup> y I. Vallejo<sup>4</sup>

Departamento de Geografía Física y Análisis Geográfico Regional. Facultad de Geografía e Historia. Universidad de Sevilla, C/ Doña María de Padilla, s/n. CP 41004. Sevilla. 1. [zujar@us.es](mailto:zujar@us.es); 2. [pcampos@us.es](mailto:pcampos@us.es); 3. [pilard@us.es](mailto:pilard@us.es); 4. [ivallejo@us.es](mailto:ivallejo@us.es)

**Resumen:** La nueva ley de Costas de 2013 incorpora un importante conjunto aspectos relacionados con los procesos erosivos, los cuales deberían influir en su aplicación. El reglamento de dicha ley (Real Decreto 876/2014) introduce los aspectos técnicos para la evaluación de los procesos erosivos en las costas y su incorporación al proceso de deslinde, pudiéndose llegar a la identificación de “tramos en situación de regresión grave” que implicarían la prohibición de títulos de ocupación del dominio público. En esta comunicación se ensaya su aplicación a diversos sectores de la costa andaluza con resultados que parecen concluir la dificultad de poder identificar estos tramos correctamente debido a los restrictivos criterios establecidos en el reglamento para su delimitación, unidos al carácter dinámico y cambiante de la morfologías de las playas y a la propia definición del Reglamento de la “línea de orilla” que se debe utilizar para estimar los retrocesos de las playas.

**Palabras clave:** Ley de costas, línea de orilla, tasas de erosión, regresión grave

**Abstract:** The new Spanish Coastal Law (2013) includes an important range of issues linked to erosive processes, which should influence its implementation. The Regulation of such Law (Royal Decree 876/2014) introduces the technical aspects for coastal areas erosion assessment and the demarcation process, being able to identify "sections with severe regression)". These sections would lead to a prohibition of the maritime-terrestrial public domain occupation. In this work we tested the Law application in various stretches of the Andalusian coast. The results seem to indicate the difficulty of identifying these sections correctly due to the restrictive delimitation criteria established in the regulations, linked to the dynamic and changing behavior of the beaches morphologies and the Regulation definition of the "shoreline indicator" to be used to estimate beach retreats.

**Key words:** Coastal Law, shoreline, erosion rates, erosion severe.

## INTRODUCCION

El Reglamento que desarrolla la ley de Costas de 2013 (Real Decreto 876/2014) introduce los aspectos técnicos para la evaluación de los procesos erosivos en las costas y su incorporación al proceso de deslinde, pudiéndose llegar a la identificación de “tramos en situación de regresión grave” que implicarían la prohibición de títulos de ocupación del dominio público. En esta comunicación, tras un análisis de los procedimientos para la definición de estos sectores según el Reglamento (línea de orilla, tasas de erosión...), se ensaya preliminarmente su aplicación a diversos sectores de la costa andaluza y se comentan sus resultados, los cuales muestran la dificultad de poder identificar estos tramos correctamente debido a los restrictivos y problemáticos criterios establecidos en el Reglamento para su delimitación, unidos al carácter dinámico y cambiante de la morfologías de las playas y a la propia definición del reglamento de la

“línea de orilla” que se debe utilizar para estimar los retrocesos de las playas.

## OBJETIVOS Y AREA DE ESTUDIO

El objetivo de esta comunicación es doble: (i) evaluar la aplicación del “indicador” de línea de orilla propuesto por el Reglamento para definir los retrocesos y tasas de erosión (“se entenderá por línea de orilla la línea de corte del plano de pleamar máxima viva equinoccial con el terreno”). Para ello, el área de estudio se centrará en diversos sectores de la costa andaluza donde existe información altimétrica de precisión procedentes de vuelos con Lidar; (ii) evaluar preliminarmente el restrictivo criterio propuesto por el Reglamento para identificar los tramos en situación de regresión grave (“en los que se verifique un retroceso de la línea de orilla superior a 5 metros al año, en cada uno de los últimos cinco años, siempre que se estime que no puedan recuperar su estado anterior por procesos naturales”), a partir de las tasas de erosión

calculadas por los autores para toda la costa de Andalucía.

## DATOS, METODOLOGÍA Y RESULTADOS I: EVALUACIÓN DEL INDICADOR DE LÍNEA DE ORILLA

A partir de la información altimétrica Lidar (facilitada por la REDIAM -Consejería de Medio Ambiente-) se ha identificado la línea de corte del plano definido por la pleamar máxima viva equinoccial sobre el perfil de las playas en un sector del atlántico (La Barrosa -Cádiz-) y otro en el mediterráneo (sector de playas Salobreña -Granada-). Se trataría, en este caso, de la aplicación de un indicador de línea de orilla basado en datos altimétricos (*tidal datum-based*).

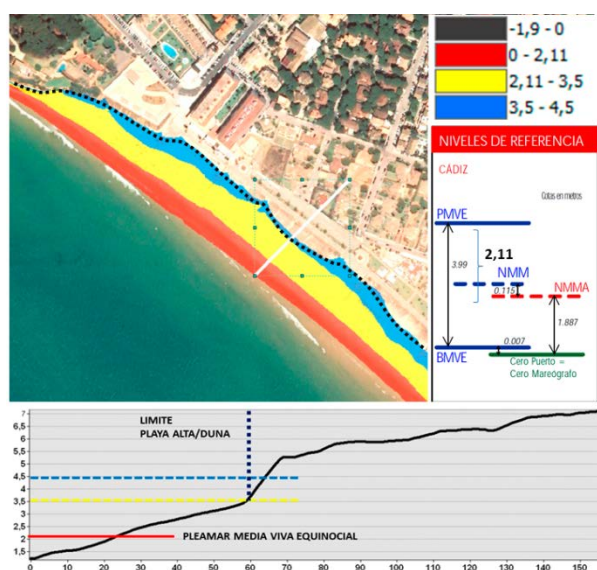


FIGURA 1. Ortofoto, altimetría Lidar, niveles mareales y perfil transversal de la playa del sector de La Barrosa.

La Fig. 1 muestra como el nivel de la pleamar media viva equinoccial en el mareógrafo de Cádiz (datos tomados del *Atlas de Inundación del litoral peninsular español* -Universidad de Cantabria, 1998-) es de 2,11 sobre el nivel medio del mar en Alicante. El régimen extremal de la marea publicado por el Atlas indicaría que la pleamar máxima viva equinoccial se encontraría entre los valores de 2 y 2,5 metros sobre el nivel del mar en Alicante para periodos de retorno entre 2 y 200 años y para una banda de confianza del 90%. Por ello se han incorporado sobre la imagen Lidar y sobre un perfil de la playa las alturas de 3,5 y de 4 m. como referencias altimétricas, así como la línea de contacto duna costera/playa alta considerada como un indicador basado en elementos morfológicos reconocibles (*proxy-based*), más adecuado para el cálculo de tasas de erosión a largo plazo (Boak et al., 2005; Ojeda, 2000) cuando es posible identificarlo en las ortofotos o en campo. La imagen muestra como la definición del plano de corte de la línea de orilla propuesta por el Reglamento (*tidal datum-based*) se

ubicaría siempre dentro del “perfil activo” de la playa (de hecho parece coincidir con la última marca húmeda dejada por la marea que define el límite externo de la playa alta o seca -*backshore*-). En este sentido, creemos que es un indicador de compleja utilización para evaluar la erosión, ya que este perfil cambia constantemente en función del oleaje incidente (perfil de tormenta/perfil de calma), variabilidad incrementada en este sector por ser una costa de régimen mesomareal.

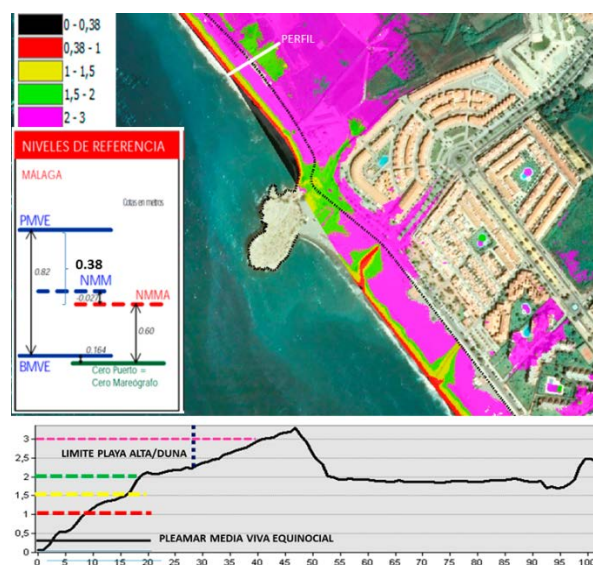


FIGURA 2. Ortofoto, altimetría Lidar, niveles mareales y perfil transversal de la playa del sector de Salobreña.

La Fig. 2 muestra como el nivel de la pleamar media viva equinoccial en el mareógrafo de Málaga -el más cercano al tramo de costa analizado- (playas de Salobreña) es de 0,38 m. sobre el nivel medio del mar en Alicante (Universidad de Cantabria, 1998). El régimen extremal de la marea publicado por el Atlas indicaría que la pleamar máxima viva equinoccial se encontraría entre los valores de 0,64 y 0,87 metros sobre el nivel del mar en Alicante para periodos de retorno entre 2 y 200 años y para una banda de confianza del 90%. Por ello, también se han incorporado sobre la imagen Lidar y sobre un perfil de la playa de este sector las alturas de 1- 1,5- 2 y 2,5 m. como referencias altimétricas, así como la línea de contacto duna costera/playa alta. La imagen muestra como la definición de línea de orilla propuesta por el Reglamento (*tidal datum-based*) se ubicaría, también en este caso, dentro del “perfil activo” de la playa (y también parece coincidir con la última marca húmeda dejada por la marea). Por lo tanto, también creemos que es indicador de compleja utilización para evaluar lastasas de retroceso en estas playas, ya que este perfil cambia constantemente en función del oleaje incidente, incluso en playas como éstas, expuestas a una costa de régimen micromareal.

## DATOS, METODOLOGÍA Y RESULTADOS II: EVALUACIÓN DE LOS UMBRALES DE TASAS DE EROSION

La evaluación preliminar del carácter restrictivo y problemático de los umbrales de erosión necesarios (según el Reglamento) para declarar un tramo costero en situación de regresión grave, se ha realizado a partir de dos cálculos de tasas erosión para toda la costa andaluza (Ojeda et al, 2013). Los cálculos (cada 50 metros de playa) se realizaron a través de la fotointerpretación sobre las ortofotos del IECA para las fechas de 2007 y 2009, utilizando dos “indicadores” para la definición de la “línea de orilla”, en este caso utilizando elementos morfológicos identificables en las ortofotos (“*proxy-based*”).

### Indicador 1: línea de contacto duna costera/playa alta

Se utiliza para la definición de línea de orilla, la línea de contacto duna costera -o línea de vegetación-/playa alta (*foredune/backshore*) considerada por muchos autores (Boak et al, 2005; Ojeda, 2000; Del Rio, 2007 y 2013) como un indicador adecuado para el cálculo de tasas de erosión en playas a largo plazo cuando sea posible su identificación.



FIGURA 3. Tramos donde se superan las tasas de erosión de 5m/año, para los indicadores tipo “*proxy-based*” utilizados.

Como se observa en la Fig. 3, con este indicador de línea de costa solo en 16 tramos se supera el umbral de 5 m/año de erosión, en casi todos los casos en sectores con una clara causa antrópica (presencia de diques y puertos, frentes de deltas en cuencas con fuerte regulación hidrológica, etc.). Estos tramos suponen escasamente un 1% (4,7 km) de la longitud del total de playas expuestas de Andalucía (628 km). Aun así para poder declararlos en regresión grave, sería necesario que la tasa se mantuviese tres años más y se constatare que se hubiera producido también en cada uno de ellos, así como que, además, la playa no pudiera recuperarse por causas naturales.

### Indicador 2: Marca húmeda dejada por la marea

Como se ha visto en el punto anterior, el nivel de la pleamar máxima equinoccial se ubica dentro del perfil de las playas analizadas en una posición que parece coincidir, de forma aproximada, con la última marca húmeda dejada por la marea (definiendo el límite exterior de la playa alta o seca -*backshore*-). Aun considerando problemático este indicador debido a la variabilidad morfológica de perfil (difícilmente encontraremos dos perfiles comparables en fechas diferentes), y especialmente grave en costas mesomareales, se han calculado las tasas de erosión utilizando para definir la línea de orilla “la marca húmeda dejada por la marea” en la playa reconocible en las ortofotos (un tentativo “*proxy*” de la línea de orilla del Reglamento). Como también se recoge en la Fig. 3, con este indicador de línea de orilla, a pesar de aplicarle correcciones generosas para compensar los errores en su aplicación (tamaño pixel, nivel marea, errores de identificación, etc.), se incrementan sustancialmente los tramos que superan los 5 metros año de erosión, especialmente en la fachada atlántica debido al efecto de su carácter mesomareal en la posición de este problemático indicador (Del Rio, 2013 y Ojeda, 2000). A pesar de este incremento (y del efecto de la alta presencia que transmite la figura por la escala de representación), estos sectores suponen aproximadamente un 10% del total de la longitud de las playas expuestas de Andalucía. Igual que en caso anterior, para su declaración como tramos en situación de regresión grave deberían cumplir con el segundo criterio, más restrictivo aún (*que los superen en cada uno de los últimos cinco años*) y siempre quedaría cumplir con el tercero para una declaración definitiva (*siempre que se estime que no puedan recuperar su estado anterior por procesos naturales*).

## CONCLUSIONES

En relación con el indicador de línea de orilla del Reglamento “*como la línea de corte del plano de pleamar máxima viva equinoccial con el terreno*”, podemos concluir que, aunque es un indicador altimétrico (*tidal datum-based*) de fácil aplicación si se dispone de datos altimétricos de precisión, **difícilmente reflejará procesos de erosión reales por situarse siempre dentro del perfil activo de una playa** que, por estar constituida por sedimentos no cohesionados, están en continuo ajuste morfológico en función del oleaje incidente. Resulta problemático utilizar este indicador como línea de orilla para los cálculos de erosión, ya que sobre el nivel de marea astronómica utilizado, siempre se superpondrán la marea meteorológica y el oleaje (*run up* y *swash*), por lo que este límite siempre se ubicaría dentro del perfil activo y variable estacionalmente de la playa. Pensamos que, en sectores donde la duna costera o la vegetación dunar está presente y sea reconocible en ortofotos y campo, probablemente el indicador “*línea de contacto playa alta o línea de vegetación/duna o pie acantilado*” es

más representativo para el cálculo de tasas de retroceso al no verse afectado por los cambios estacionales como el perfil de la playa. Por otra parte, cuando la inexistencia de dunas imposibilitaran su aplicación (paseos marítimos, construcciones, etc.), podría aplicarse el identificador del Reglamento (*tidal datum-based*), el cual exigiría disponer de información Lidar o topografía (GPS) para perfiles de playas en cada uno de los años, intentando realizarlos en fechas veraniegas para minimizar la variabilidad estacional de los perfiles. Por lo tanto, creemos que, si se utiliza el indicador de Reglamento, sería muy arriesgado (por el grado de incertidumbre que conlleva) aplicar los umbrales del Reglamento para la definición de los tramos en situación de regresión grave, especialmente en sectores no urbanizados donde la duna costera sea reconocible. Finalmente, si el indicador del Reglamento (*tidal datum-based*) fuese el adoptado como único posible *en playas muy antropizadas con ausencia de duna costera* y ya que este exige levantamientos topográficos de perfiles (GPS) o información altimétrica Lidar, podría haberse optado por un “*criterio volumétrico*” (*un porcentaje del balance sedimentario negativo*) más representativo de los procesos erosivos (Ojeda et al, 2002).

De igual forma, podemos concluir que los umbrales exigidos por el Reglamento son realmente **restrictivos**. De los resultados presentados, calculados con diferentes indicadores “*proxy-based*” (contacto duna/playa alta y marca húmeda de la marea), serían muy pocos los sectores afectados (<1%) en términos de longitud de playas expuestas para los calculados con el criterio “contacto duna/playa”. Este criterio es más consistente aunque, a veces, inaplicable por la presencia de muchas infraestructuras antrópicas (paseos marítimos, muros de defensa, urbanización, etc.) pero, en cambio, sería el más adecuado para los tramos de playa no urbanizados donde ésta sea identificable (por otra parte, los más interesantes de catalogar como en “riesgo de erosión grave”), para prevenir futuros usos inadecuados. Cuando se usa el criterio de “marca húmeda” (más próximo al propuesto por el Reglamento), los tramos que superan el umbral en nuestros resultados son más numerosos, con las incertidumbres metodológicas que plantea este criterio para evaluar la erosión con tasas de retroceso en playas de baja pendiente, disipativas y mesomareales.

En cualquier caso, el uso del indicador del Reglamento, proporcionaría datos que habría que tomar con precaución ante la dificultad de encontrar dos perfiles en diferentes fechas que respondan a las mismas condiciones hidrodinámicas y, por lo tanto, comparables. Aun así, y aceptando los tramos que superasen el primer criterio con el indicador que finalmente se aplique (*en los que se verifique un retroceso de la línea de orilla superior a 5 metros al año*), siempre tendrían que superar el segundo (*en cada uno de los últimos cinco años*), por lo que se verían

sustancialmente reducidos y, finalmente, quedaría cumplir con el tercero para su declaración definitiva (*siempre que se estime que no puedan recuperar su estado anterior por procesos naturales*). Curiosamente, en ningún lugar se hace alusión al potencial incremento de la erosión costera por el Cambio Climático para la definición de estos tramos.

## AGRADECIMIENTOS

Proyecto de excelencia de la Junta de Andalucía (RNM-6207), proyecto (CSO2014-51994-P) y REDIAM (Consejería de Medio Ambiente).

## REFERENCIAS

- Boak, E.H., Turner, I.L., (2005): Shoreline definition and detection: a review. *Journal of Coastal Research* 21(4):688-703.
- Del Río, L. (2007): *Riesgos de erosión costera en el litoral atlántico gaditano*. Tesis Doctoral, Universidad de Cádiz (inédita), 496 pp.
- Del Río, L. y Gracia, F.G. (2013). Error determination in the photogrammetric assessment of shoreline changes. *Natural Hazards*, 63: 2385-2397
- Ojeda Zújar, J. (2000): Métodos para el cálculo de la erosión costera. Revisión, tendencias y propuestas. *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, 30:103-119.
- Ojeda, J., Borgniet, L., Pérez Romero, A.M., Loder, J.F. (2002): Monitoring morphological changes along the coast of Huelva (SW Spain) using soft-copy photogrammetry and GIS. *Journal of Coastal Conservation* 8:69-76.
- Ojeda, J., Díaz, P., Prieto, A. & Álvarez, J.I. (2013): Línea de costa y Sistemas de Información Geográfica: modelos de datos para la caracterización y cálculo de indicadores de la costa andaluza. *Investigaciones Geográficas* 60: 37-52.
- Universidad de Cantabria. (1998): *Atlas de Inundación del litoral peninsular español*. Documento técnico. Ministerio de Medio Ambiente. Dirección General de Costas, Madrid.